

Juuso Rantaniitty

OFF-GRID AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ KESÄMÖKKI
KÄYTTÖÖN

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
2017

OFF-GRID AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ KESÄMÖKKIKÄYTTÖÖN

Rantaniitty, Juuso
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkö ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Ohjaaja: Ylinen, Marko
Joulukuu 2017
Sivumäärä: 28
Liitteitä: 3

Asiasanat: kesämökki, aurinkosähkö, aurinkopaneeli

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli suunnitella ja asentaa asiakkaan kesämökille verkkoon kytkeytymätön aurinkosähköjärjestelmä. Ennen työn aloittamista, käytiin kohteeseen tutustumassa tilaajan kanssa. Asiakkaan kanssa keskusteltiin, minkälaisia kulutuskojeita kohteessa oli tarkoitus käyttää. Järjestelmä toteutettiin vastaamaan asiakkaan tarpeita. Kohteesta laadittiin lisäksi asiakkaan haluamat sähköpiirustukset.

Työssä tutustuttiin aurinkosähköjärjestelmässä käytettyihin komponentteihin sekä tarvittavien kaapeleiden mitoitukseen. Lisäksi avattiin hieman aurinkosähkön historiaa sekä sen tuotantoa Suomessa.

OFF-GRID PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR SUMMER COTTAGE

Rantaniitty, Juuso
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in electricity and automation
Supervisor: Ylinen, Marko
December 2017
Number of pages: 28
Appendices: 3

Keywords: summer cottage, solar electricity, solar panel

The purpose of this bachelor's thesis was design and install off grid photovoltaic system for customer's summer cottage. The cottage was explored with client before starting the thesis. The customer discussed what kind of electrical devices was supposed to use in the cottage. System was accomplishing to meet the customer's needs. The electrical documents what customer needed was also drew.

Part of this thesis was familiarizing photovoltaic system components and sized necessary cables. Additionally, told a little bit about history of solar electricy and producing in Finland.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	AURINKOSÄHKÖ.....	6
2.1	Yleistä	6
2.2	Tuotto Suomessa.....	6
2.3	Komponentit	9
2.3.1	Aurinkopaneeli	9
2.3.2	Lataussäädin	11
2.3.3	Akku	12
2.3.4	Invertteri	12
2.3.5	Kaapeli	14
3	PROJEKTIN LÄHTÖKOHDAT	15
3.1	Kohde.....	15
3.2	Suunnittelun lähtökohdat	16
4	PROJEKTIN TOTEUTUS	18
4.1	Paneelien sijoitus	18
4.2	Mitoittaminen.....	19
4.3	Työn toteutus	21
5	VIIMEISTELY.....	VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.
	LÄHTEET	27
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Suomessa on yhä useita kesämökkejä ilman sähköä. Monet mökit ovat niin kaukana muusta asutuksesta, ettei sähköverkkoa kulje edes lähistöllä. Sähköverkon rakennus tällaisille kohteille vaatisi usein uuden muuntajan sekä monien kilometrien kaapeloinnin. Nykypäivänä on muitakin keinoja saada sähköä tämänlaisille paikoille. Monet kesämökit onkin varustettu aggregaatein, omalla tuulivoimalalla tai aurinkopaneelein. Näiden järjestelmien asennuksen jälkeen, pois lukien aggregaatin, sähköstä ei tarvitse maksaa muita kuluja, koska sähkö tuotetaan itse eikä sähköliittymää ole ostettu. Tällaiset järjestelmät tulevatkin näissä kohteissa usein halvemmaksi kuin uuden sähköliittymän ostaminen.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli rakentaa asiakkaan kesämökille verkkoon kytkemätön aurinkosähköjärjestelmä sekä perehtyä aurinkosähkön komponentteihin sekä niiden mitoitukseen. Tässä raportissa käydään läpi kohteen kaapelien ja komponenttien mitoitus sekä sähkösuunnitelma. Työn tilaajana toimi Vatajankosken Sähkö Oy.

2 AURINKOSÄHKÖ

2.1 Yleistä

Historian ensimmäisen toimivan aurinkokennon rakensi Yhdysvaltalainen Charles Fritts vuonna 1883. Hänen rakentamansa aurinkokenno erosi nykyaikaisista kennoista materiaalin takia, sillä hän käytti kennossaan seleeniä. Vuonna 1954 aloitettiin tutkimaan piistä valmistettua pn-liitosta, jonka pohjalta he rakensivat samana vuonna oman aurinkokennon. Nykyaikaisten aurinkokennojen perusteoria oli tiedossa vasta vuoteen 1960 mennessä. (Aurinkokennot [www-](#) sivut 2012)

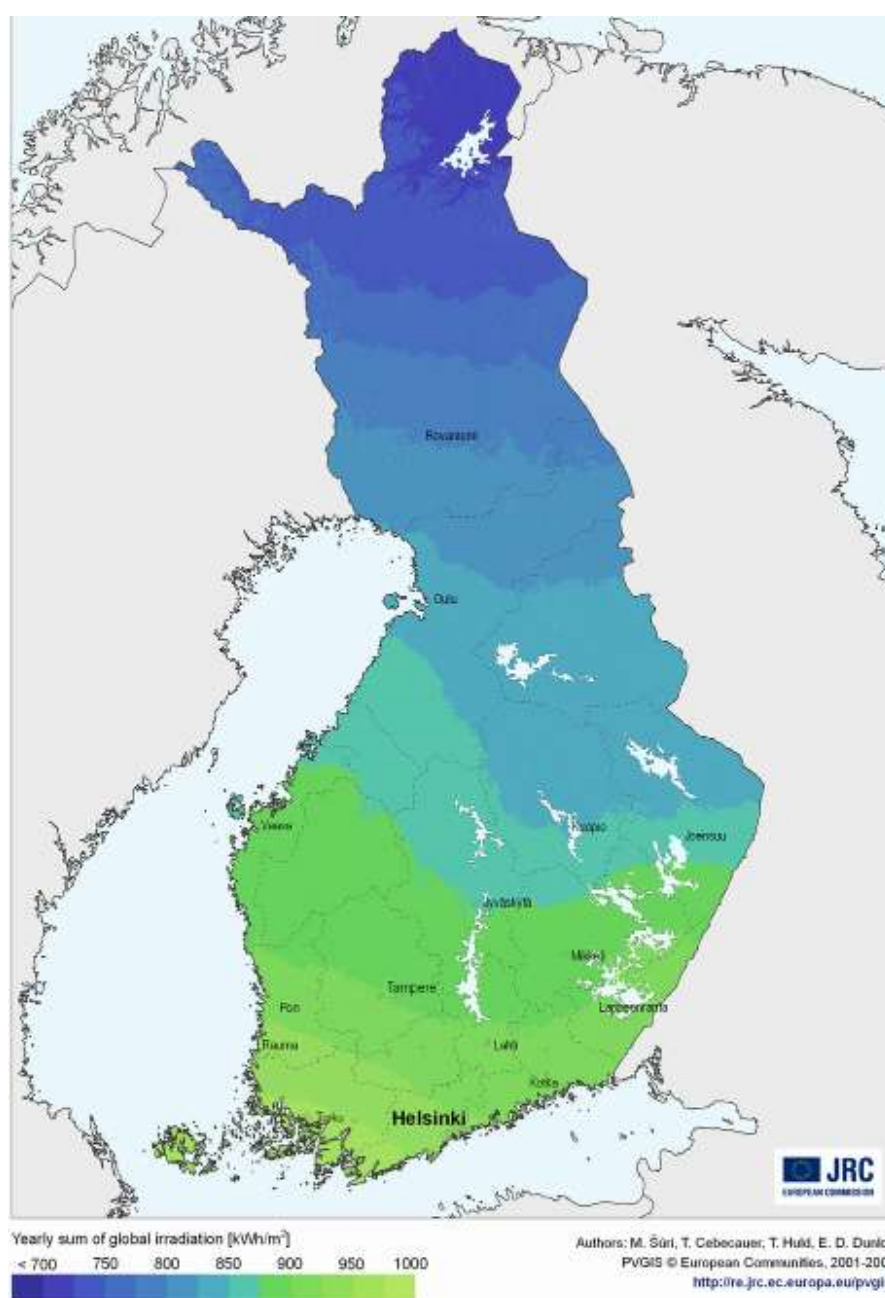
Aurinkosähkö on uusiutuva energiamuoto, joka perustuu auringosta saatavaan säteilyenergiaan. Auringonsäteilyssä hiukkaset kuljettavat auringon säteilyenergiaa. Kun nämä hiukkaset osuvat aurinkopaneelien kennoihin, ne luovuttavat kuljettamansa energian kennojen elektroneille. Nämä energiaa saaneet elektronit muodostavat aurinkokennojen virtajohtimiin sähkövirran. Aurinkopaneeleista saatu virta on tasavirtaa. (Motiva [www-sivut](#) 2017)

Yksinkertaisimpaan aurinkosähköjärjestelmään riittää ainoastaan aurinkopaneeli. Tällöin sähköä on saatavilla pelkästään silloin, kun auringonsäteet osuvat paneeliin. Tällaisen järjestelmän jännite on sidottu paneelien jännitteeseen. Mikäli sähköä haluaa varastoida auringottomia aikoja varten, järjestelmään tarvitsee lisätä akku sekä lataussäädin. Tällöin auringonsäteiden osuessa paneeleihin, virta kulkee lataussäätimen kautta akulle, joka varastoi tuotetun energian myöhempää käyttöä varten. Tämänlaiset järjestelmät ovat nykyään yleisiä kohteissa, joissa ei ole kiinteää sähköliittymää. Verkkoon kytkeytymätöntä järjestelmää voidaan kutsua saarekejärjestelmäksi.

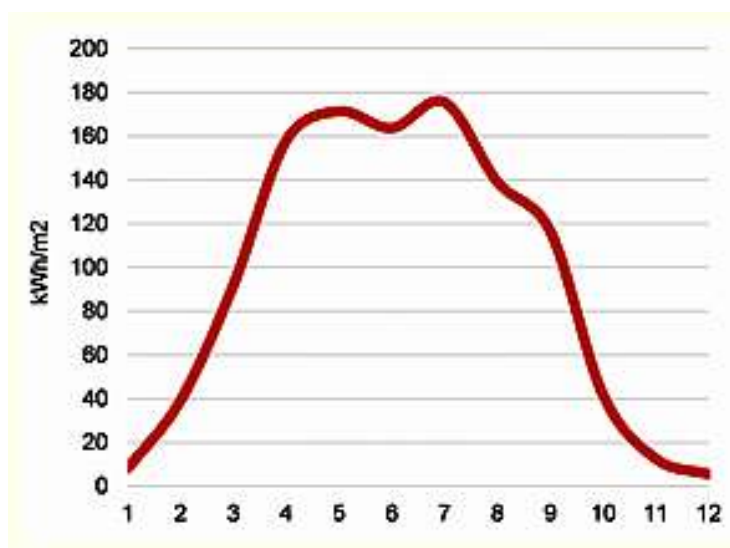
2.2 Tuotto Suomessa

”Suomi on ihanteellinen aurinkosähkön tuotannolle”, sanoo Jyrki Leppänen Naps Systems Oy:stä Tekniikka & Talouden haastattelussa (Raunio 2008). Aurinkopaneelien tuotto riippuu täysin siitä mihin paneelit asennetaan. Ihanteellisin tapa on suunnata

paneelit varjottomalle paikalle kohti etelää 45° kulmassa. Näin saadaan tuotantoa lisättyä vuositason 20-30 prosenttia verrattuna asennukseen, jossa paneelit olisivat vaakatasossa. Jotkin pinnat, kuten lumi ja vesi, heijastavat säteilyä siten, että paneelille tuleva kokonaissäteily on 20 prosenttia enemmän kuin tavallisesti. Vuositasolla tämä on kuitenkin vain muutaman prosentin luokkaa. Kuvasta 1 nähdään vuotuinen kokonaissäteily määrä Suomessa eri alueilla. Kuvasta voidaan myös huomata, että Pohjois- ja Etelä-Suomen välillä oleva kokonaissäteilyenergian ero on lähes 300 kWh/m^2 . Kuvassa 2 on esitetty kokonaissäteily määrää eri kuukausina.

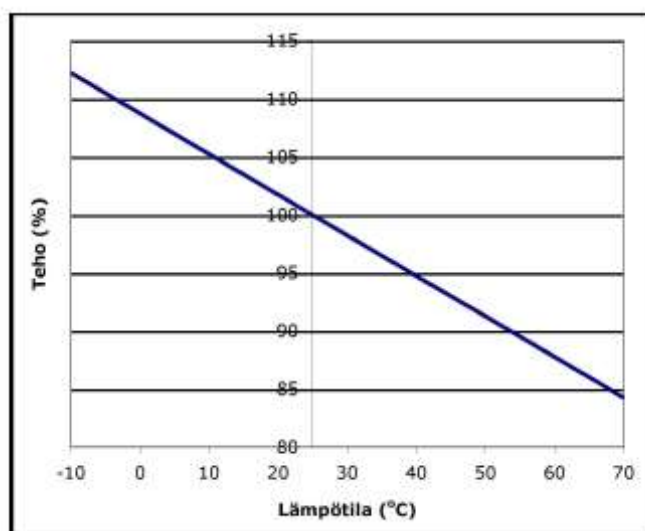


Kuva 1 Kokonaissäteily määrä Suomessa (Joint Research Center 2012)



Kuva 2 Kokonaissäteily määrä eri kuukausille (Motiva www-sivut 2017)

Vuoden aikana Suomessa auringon nousun ja -laskun väli vaihtelee usealla tunnilla. Näin ollen myös aurinkopaneeleista saatu tuotto vaihtelee vahvemmin vuodenaikojen mukaan, toisinkuin eteläisemmässä Euroopassa. Vuotuinen kokonaissäteilyn määrä Etelä-Suomessa on kuitenkin samaa luokkaa kuin Saksassa, joka on maailman suurin sähköenergian hyödyntäjä (Ahjoenergia www-sivut). Tämä johtuu Suomen viileämmästä ilmastosta, sillä mitä kylmemmässä paneelit ovat, sitä paremmalla hyötysuhteella ne tuottavat sähköä. Kuvassa 3 on havainnollistettu lämpötilan vaikutusta paneelien tehoon.



Kuva 3 Aurinkopaneelin tehon riippuvuus lämpötilasta (Suntekno www-sivut 2012)

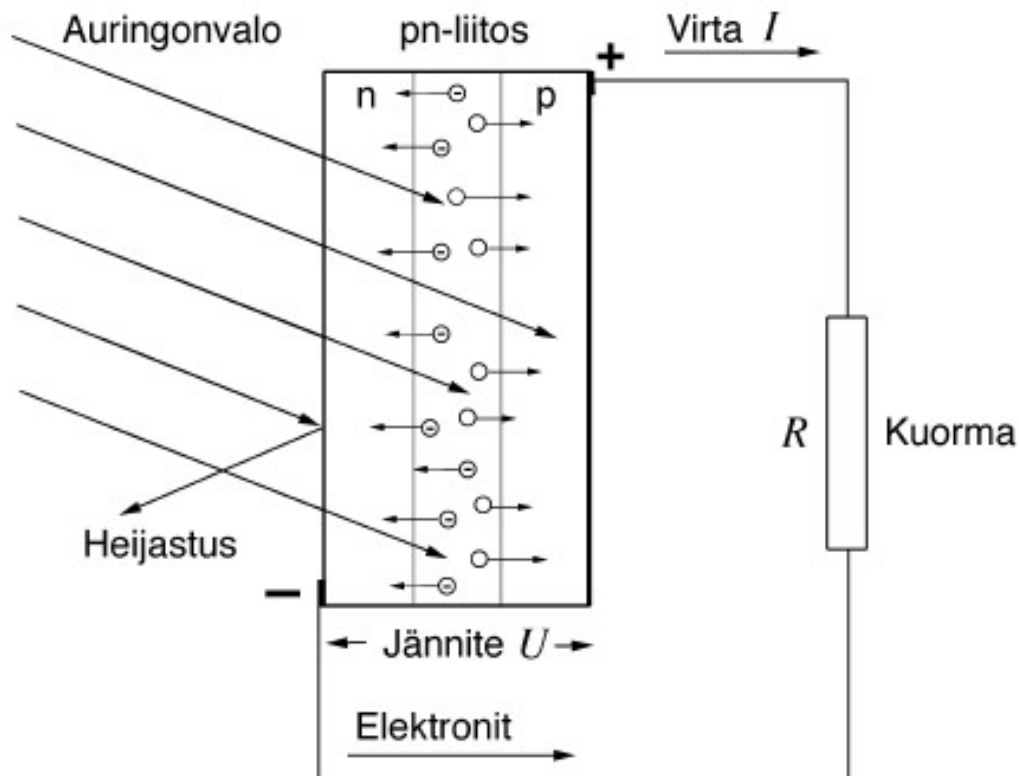
2.3 Komponentit

Aurinkosähköjärjestelmässä on muutamia erilaisia komponentteja, joilla jokaisella on tärkeä tehtävä, jotta säteilyenergia saadaan asiakkaan käyttöön. Nämä komponentit tulee mitoittaa oikein, jotta järjestelmästä tulisi mahdollisimman optimaalinen.

2.3.1 Aurinkopaneeli

Aurinkopaneelin avulla auringon säteilyenergia muunnetaan sähköenergiaksi. Aurinkopaneelissa on useampi sarjaan kytketty aurinkokenno, sillä yksittäinen aurinkokenno pystyy tuottamaan pienen jännitteen. Aurinkokennojen yleisimpiä materiaaleja ovat yksikiteinen, monikiteinen tai amorfinen pii. (Huoltodata [www-sivut 2017](#)).

Aurinkokennon avulla saadaan auringon säteilemä energia muutettua suoraan sähköenergiaksi. Fotoninen energia irrottaa elektroneja aurinkokennon puolijohdemateriaalista, jonka seurauksena muodostuu elektroni-aukkopareja. Kennon P- ja N-kerrosten muodostama sisäinen sähkökenttä saa aikaan elektronien kulkeutumisen negatiiviselle elektrodille ja aukkojen positiiviselle elektrodille. Johtimien välille liitetään kuorma, josta syntyy virtapiiri ja elektronit kulkevat sen lävitse. Yksi piipohjainen aurinkokenno tuottaa jännitettä 0,5 voltia. Aurinkokennoja kytketään sarjaan. Isoimmissa paneeleissa niitä on yleensä 60 kpl, jolloin paneelin tuottama tehollinen jännite on 30 V tasajännitettä. Kuvassa 4 näkyy aurinkopaneelin toimintaperiaate. (Ahjoenergia [www-sivut 2017](#)).



Kuva 4 Aurinkopaneelin toimintaperiaate (Suntekno www-sivut 2012)

Kaupalliseen käyttöön tarkoitettujen aurinkopaneelien hyötysuhde on yleensä noin 15 %. Tämä tarkoittaa sitä, että paneeliin kohdistuneesta auringon säteilyenergiasta muuttuu sähköenergiaksi hyötysuhteen verran. Aurinkopaneelin hyötysuhde saadaan laskettua siten että jaetaan paneelin nimellisteho W_p (Watt-peak) pinta-alan ja säteilytehon 1000 W/m^2 tulolla. Työssä käyttämäni NAPS Saana 270 SM4 -paneelin hyötysuhde on siis $\eta = \frac{270W}{1,5m^2 \cdot 1000W/m^2} * 100 = 18 \%$.

Aurinkopaneelin nimellisteho tarkoittaa sitä tehoa, jonka paneeli tuottaa standardiolosuhteissa, kun auringon säteily kohtisuoraan paneelia on 1000 W/m^2 (Ilmastoinfo www-sivut 2017). Aurinkopaneelien tehot vaihtelevat pääasiassa 20 W_p :n ja 300 W_p :n välillä. Pienimmät aurinkopaneelit ovat lähinnä veneitä varten, kun taas suuremmat sopivat aina kesämökeistä omakotitaloihin. Aurinkopaneelien tehontuotto laskee lineaarisesti ajan myötä. Paneeli tuottaa 50 vuoden kuluttua ainoastaan noin 60 % nimellistehostaan. (Finnwind www-sivut 2017). Janne Käpylehto esitti Antonella

Realinin tutkimuksen jakauman 20 vuotta käytössä olleille aurinkopaneeleille (Käpylehto 2014, 38, alkuperäinen Realini 2003, Mean time before failure of photovoltaic modules):

- 59 prosentilla teho putosi 10 prosenttia
- 35 prosentilla teho putosi 10-20 prosenttia
- 6 prosentilla teho putosi yli 20 prosenttia

2.3.2 Lataussäädin

Aurinkopaneeleilta johdot kulkevat seuraavaksi lataussäätimelle. Lataussäätimellä säädellään aurinkopaneeleilta tulevaa jännitettä ja virtaa akuille sopivaksi. Lisäksi lataussäätimen tarkoituksena on estää akkuja ylilatautumasta sekä estää vuotovirtojen kulkeutuminen takaisin paneeleihin. Lataussäädin tulee mitoittaa akkujen jännitteen sekä aurinkopaneelien maksimivirran mukaan. Säätimen virran tulee olla mitoitettu vähintään paneelien maksimivirtaa vastaavaksi. (Huoltodata www-sivut 2017)

Lataussäätimiä on kahta eri tyyppiä. PWM (Pulse Width Modulation) eli pulssinleveysmodulaatio säätimet ovat edullisempia ns. perussäätimiä. PWM -säätimet tunnistavat automaattisesti akkujärjestelmän nimellisjännitteen (12/24V). Lisäksi se suojaa laitteistoa ylivirralla, ukkospiekeiltä sekä napaisuuden väärinpäin kytkennältä. Mikäli tilassa, johon säädin on asennettu, on riittämätön ilmanvaihto, säädin rajoittaa latausvirtaa ylikuumentumisen estämiseksi. PWM -säätimen lataushyötysuhde on noin 50-60 %. (Aurinkosähkö www-sivut 2017)

MPPT (Maximum Power Point Tracking) -säätimen latausteho on noin 20 % parempi kuin PWM -säätimellä. MPPT -säätimen hankintahinta on hieman korkeampi, mutta se maksaa itsensä takaisin nopeasti. Säätimen lataushyötysuhde on 95-98 % eli noin 57 % parempi kuin PWM -säätimellä. MPPT -säädin suojaa laitteistoa aivan kuten PWM -säädinkin. Kuvassa 5 MPPT -säädin, jota hyödynnettiin tässä projektissa. (Aurinkosähkö www-sivut 2017)



Kuva 5 Victron Energy MPPT 100/50 -säädin (Juuso Rantaniitty)

2.3.3 Akku

Akku on aurinkosähköjärjestelmän tärkein komponentti, mikäli sähköä haluaa käyttää, kun valoa ei ole saatavilla. Lataussäätimen avulla akut latautuvat eli sähkö varastoituu myöhempää käyttöä varten. Akkujen kapasiteetti vaihtelee sen mukaan, paljonko kohteen sähkötarve on. Yleisesti kapasiteetti vaihtelee 50 Ah:n ja yli 500 Ah:n välillä. Parhaiten näihin kohteisiin sopii AGM (Absorbent Glass Matt) -tyyppiset akut, jotka kestävät toistuvia varauksia ja purkauksia paremmin kuin ns. tavalliset avoimet akut (Euroglobe www-sivut 2017). AGM -akuilla on pitkä elinkaari ja ne eivät tarvitse paljoa huoltoa.

2.3.4 Invertteri

Mikäli kohteessa halutaan käyttää 230 voltin laitteita, tarvitaan järjestelmään invertteri, joka muuttaa tasavirran vaihtovirraksi hakkuri-periaatteella. Verkkovirralla toimivat kulutuskojeet, kuten jääkaapit, ovat tavallisesti halvempia kuin 12/24 voltilla toimivat laitteet, joten invertteri maksaa itsensä takaisin niitä ostettaessa. Kunnollisien

inverttereiden hyötysuhde on noin 98 %, sillä noin 2 % sähköstä muuttuu invertterissä hukkalämmöksi. Nykyään inverttereissä on useita eri verkkoliitäntöjä (mm. Ethernet, Bluetooth, WLAN, RS422, jne.), joiden avulla invertterin toimintaa pystytään valvomaan. Inverttereiden avulla pystytään tuottamaan myös kolmivaihevirtaa. (Aurinkovirta www-sivut 2017).

Mikäli invertteri on irtonainen ja vapaasti kytkettävä esimerkiksi tupakansytyttimellä, kytkentä ei vaadi sähköasentajaa. Muussa tapauksessa invertterin sähköiset kytkennät saa toteuttaa ainoastaan sähköalan ammattihenkilö. (Käpylehto 2014, 11). Tärkeimmät tiedot invertterin asennusta varten on tyhjän tilan tarve invertterin ympärillä sekä sen tarvitsemat suojalaitteet. Useimmissa inverttereissä on tulopuolella sisäänrakennettu sulake suojausta varten, mutta se on syytä varustaa myös erillisellä suojauksella. Kuvassa 6 näkyy Victron Energyn valmistama yksivaiheinen invertteri.



Kuva 6 Victron Energyn invertteri (Juuso Rantaniitty)

2.3.5 Kaapeli

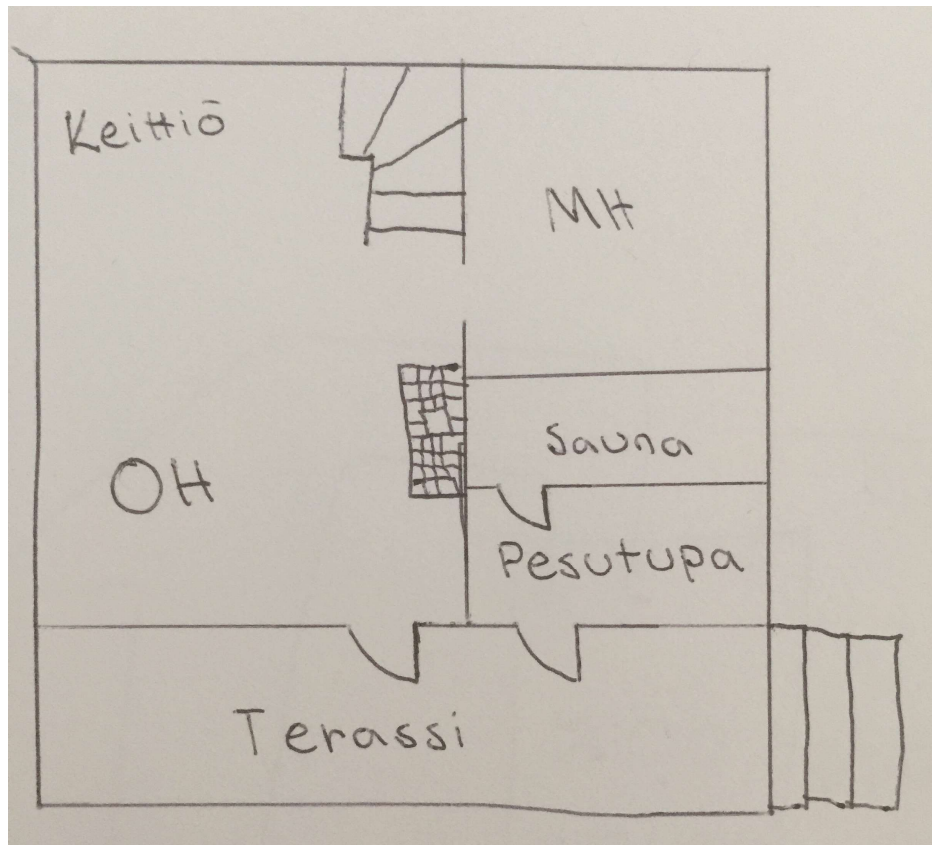
Oikeanlaisen kaapelin valinta on tärkeä osa aurinkosähköjärjestelmän toteutusta. Oikeantyyppisellä kaapelilla minimoidaan jännitehäviöt ja tehdään asennuksesta turvallinen. Väärinmitoitettu kaapeli voi aiheuttaa tulipalon. Kaapelia valittaessa on tiedettävä, kaivetaanko se maan alle (esim. MCMK) vai tuodaanko se pinta-asennuksena kohteen seiniä pitkin (esim. MMJ). Lisäksi auringonvalossa olevien kaapeleiden tulee kestää UV-säteilyä (esim. AJYM). Kaapelia mitoittaessa tulee tietää kaapelissa kulkeva virta, suurin sallittu jännitehäviö sekä kaapelin pituus. (Käpylehto 2014, 56)

3 PROJEKTIN LÄHTÖKOHDAT

3.1 Kohde

Tämän sähköistys projektin kohteena oli vuonna 2008 rakennettu kesämökki Itä-Satakunnassa pienen järven rannalla. Mökissä on kaksi kerrosta ja sen yhteispinta-ala on 84 m². Alakertaan kuuluu keittiön ja olohuoneen lisäksi pesutilat sekä yksi makuuhuone. Yläkerta on parveketta lukuun ottamatta täysin yhtenäistä tilaa. Juoksevaa vettä ei missään tilassa ole, joten kaikki sisätilojen kalusteet saivat olla kotelointiluokaltaan IP-21 (SFS-EN 60529/A2)

Kohteeseen rakennettiin verkkoon kytkeytymätön aurinkosähköjärjestelmä, sillä mökki on käytössä pääasiassa kesäisin, joten auringosta saatu energia riittää vastaamaan asiakkaan tarpeita. Toinen syy oli liittymän hankkimiskustannukset. Kohteen lähistöllä ei ole sähköverkkoa, joten liittymää varten olisi joutunut hankkimaan uuden muuntajan sekä useiden kilometrien kaapeloinnin hankalassa maastossa. Lisäksi sähköliittymästä olisi tullut vuosittain perusmaksu. Aurinkosähköjärjestelmästä ei tule hankkimiskustannusten lisäksi muita kuluja useampaan vuoteen. Kohteessa on aikaisemmin ollut käytössä kaasulla toimiva jääkaappi sekä liesi. Kuvassa 7 näkyy työmaalla tehty karkea pohjapiirustus kohteen alakerrasta. Mökin pohja- ja sähköpiirustus on esitetty liitteessä 1.



Kuva 7 Karkea pohjakuva alakerrasta (Ei mittakaavassa) (Juuso Rantaniitty)

3.2 Suunnittelun lähtökohdat

Ennen suunnittelua, tilaaja oli jo keskustellut asiakkaan kanssa ja heillä oli mielessään ajatus, minkälaisia aurinkosähkökomponentteja kohteeseen haluttiin. Taulukosta 1 nähdään, minkälaisille komponenteille lähdettiin kaapeleita ja suojuuksia mitoittamaan. Asiakkaan puolesta ainoat toiveet olivat saada jääkaappi ja valaistus toimimaan sähköllä sekä saada muutama pistorasia ympäri mökkiä.

Taulukko 1 Kohteen aurinkosähköjärjestelmän komponentit

Kuvaus	Määrä	Yksikkö
1,6-2kW aurinkosähköjärjestelmä akuilla	1	järjestelmä
Aurinkopaneeli Naps Saana 265W	2	kpl
Akku 340Ah AGM	3	kpl
Säädin MPPT/100/50	1	kpl
Invertteri 2000W/12	1	kpl
Asennusteline harjakatolle	1	setti

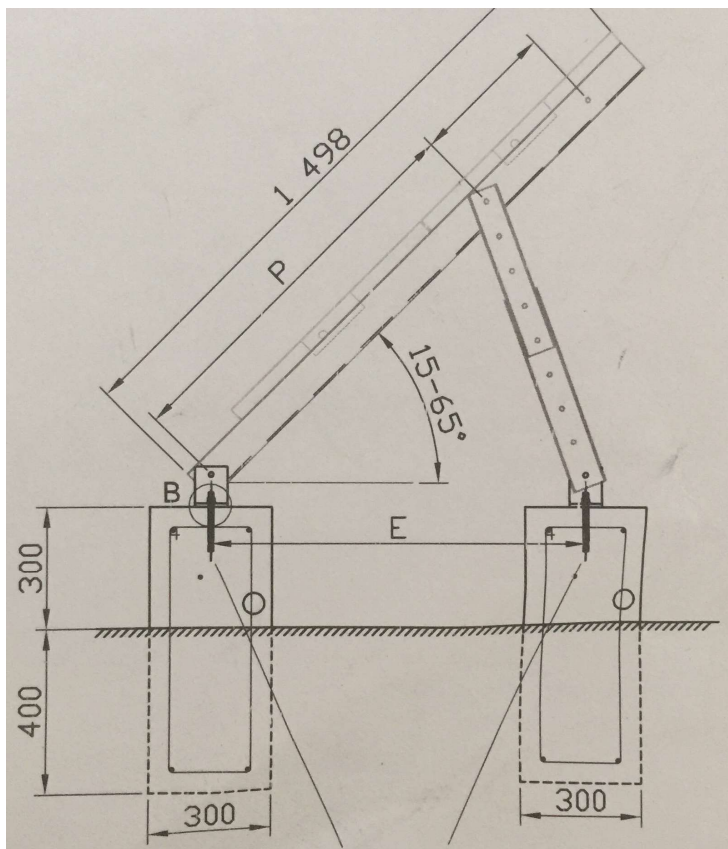
Kohteeseen on rakennusvaiheessa rakennettu putkitukset kojerasioille, joten kaapeli-reittejä ei tarvinnut suunnitella. Ulkoa tuli kaksi erillistä putkea, jota kautta sähkösyötöt oli suunniteltu vedettäväksi sisälle.

Suunnitteluun haastetta toi paneelien sijoittaminen. Kohteessa oli hyvin kattopinta-alaa paneeleita varten, mutta se oli niin syrjässä, että aurinko olisi päässyt paneeleille vasta iltapäivällä. Kattoa varjostivat suuret männyt, mutta niitä ei voinut kaataa, sillä ne olivat naapurin puolella. Toisena vaihtoehtona oli asentaa paneelit rantaan, noin 25 metrin päähän mökistä. Tässä haittana olisi ollut pitkä kaapelointi, noin 60 metriä, sillä lyhintä reittiä ei pystynyt kaapelia kuljettamaan. Lisäksi ranta oli hyvin rehevöitynyt kaisloista ja muista vesikasveista, jotka olisivat hieman varjostaneet paneeleita. Toisaalta rantaan olisi saanut paneelit suunnattua siten, että ne olisivat saaneet aurinkoa auringonnoususta sen laskuun asti.

4 PROJEKTIN TOTEUTUS

4.1 Paneelien sijoitus

Ennen kaapeleiden mitoittamista, oli tehtävä lopullinen päätös paneelien sijoituspaikasta. Asiakkaan kanssa teimme päätöksen paneelien sijoittamisesta rantaan. Asiakas siisti rantaan hävittämällä rantakasveja, jotta ne eivät varjostaisi paneeleita. Paneelien asentamista varten tilaaja toimitti Naps:in valmistaman telineen osat paikalle. Jotta telineen suuntauksesta saatiin erittäin optimaalinen, se kasattiin kuormalavan päälle, toisin kuin kuvassa 8, jossa teline on asennettu maahan upotettujen palkkien päälle. Kuormalavan päälle kasaamisella telinettä olisi tulevaisuudessa mahdollista kääntää haluttuun suuntaan. Kun paneelit oli asennettu telineeseen, niiden yhteispinta-ala oli noin 3 m^2 . Asiakas toimitti painoja, jotka asetettiin kuormalavan päälle, jotta tuulisella säällä teline ei kaatuisi. Paneelit suunnattiin etelään 45° kulmassa, jotta niistä saataisiin mahdollisimman suuri hyöty sähkön tuotantoon. Etelään suuntaamisessa oli etuna lisäksi järvi, jonka heijastuksen avulla paneelit saavat myös säteilyä. Kuvassa 9 näkyy paneelien lopullinen sijoitus.



Kuva 8 Mittapiirustus paneelitelineestä (Naps Solar Systems)



Kuva 9 Kaksi Naps Saana Paneelia (Juuso Rantaniitty)

4.2 Mitoittaminen

Järjestelmän syöttökaapeli oli tärkeää mitoittaa oikein, jotta saatiin minimoitua kaapelissa tapahtuvat jännitehäviöt. Koska aurinkopaneelit kytkettiin sarjaan, niiden jännite on $77 V_{DC}$ (Kaava 1). Paneelien tyyppikilvessä, kuva 10, mainitaan niiden maksimi tehoksi 270 wattia per paneeli, eli yhteensä 540 W. Näiden kahden suureen avulla saadaan kaapelissa kulkeva virta selville. Kaapelissa kulkee korkeintaan 7 ampeerin virta (Kaava 2). Suurin sallittu jännitehäviö paneeleilta tulevalla kaapelilla on 0,5 V. Jännitehäviön avulla saadaan laskettua tavoiteresistanssi kaapelille. Tavoiteresistanssi on 0,071 ohmia (Kaava 3). (Käpylehto 2014, 56-61)



Kuva 5 Paneelin tyyppikilpi (Juuso Rantaniitty)

Kaapelin poikkipinta-alaa varten tuli taulukkokirjasta tarkistaa kuparin ominaisvastusarvo, joka on noin $0,017 \Omega\text{m}$ (Taulukot www-sivut 2017). Vaadittava poikkipinta-ala kaapelille on $14,29 \text{ mm}^2$ eli sopiva kuparikaapeli olisi 16 mm^2 (Kaava 4). Koska kaapeli tuli kaivaa maahan, MCMK osoittautui hyväksi kaapelityypiksi. MCMK 2x16/16 ja MCMK 4x16/16 oli lähes samanhintaiset, joten päädyimme jälkimmäiseen, jotta myös kaapelissa olisi laajennusvaraa. (Käpylehto 2014, 56-61)

Koska järjestelmään tulee invertteri käyttö sähköä varten, tuli sitäkin varten mitoittaa oma kaapeli. Koska invertterille menevä kaapeli on lataussäätimen ja akkujen jälkeen, voidaan jännitteenä käyttää 12 voltia. Kaapelissa kulkeva virta saadaan selville kaavalla 2. Virta on noin 167 ampeeria tehon ollessa 2000 wattia. Suuritehoiselle invertterille suurin sallittu jännitehäviö on 0,1 V. Invertterin mukana tuli kaksi yhden metrin mittaista 50 mm^2 johdinta, joten tarvitsi laskea paljonko näiden jännitehäviö olisi. Jännitehäviö on noin 0,06 V (Kaava 5). Invertterin mukana tulleita johtimia oli siis mahdollista käyttää tässä tapauksessa. (Käpylehto 2014, 56-61)

Mökin vaihtosähkökeskusta varten oleva syöttökaapeli oli seuraava mitoituksen kohde. Koska järjestelmän huipputeho olisi sama kuin invertterin tuottama maksimiteho, oli järjestelmän maksimivirta helppo laskea. Jännitteen ollessa 230 V_{AC} ja tehon 2000 W, saadaan kaavan 2 avulla virraksi noin 9 A. Syöttökaapeli asennetaan pintaan laitekaapin seinälle, joten voidaan käyttää SFS 6000:n mukaista asennustapaa C. Näiden tietojen perusteella syöttökaapeliksi voisi valita 1,5 mm² johtimella olevan kuparikaapelin, jonka kuormitettavuus asennustavalla C olisi 18,5 A (D1 2012, 217). Järjestelmä saattaa kuitenkin tulevaisuudessa laajentua, joten syöttökaapeli tulisi hieman ylilimitoittaa. 6 mm² kaapelilla kuormitettavuus olisi jo 43 A samalla asennustavalla. Kohteen käytösähkökeskuksen syöttökaapeliksi valittiin siis MMJ 3x6. (Käpylehto 2014, 56-61)

Kaava 1

$$\begin{aligned} & \text{Sarjaan kytkettyjen paneelien jännite} \\ & = \text{Paneelien määrä} * \text{Paneelien nimellisjännite} \end{aligned}$$

Kaava 2

$$\text{Virta} = \frac{\text{Teho}}{\text{Jännite}}$$

Kaava 3

$$\text{Tavoiteresistanssi} = \frac{\text{Sallittu jännitehäviö}}{\text{Paneelien kaapelissa kulkeva virta}}$$

Kaava 4

$$\text{Kaapelin poikkipinta – ala} = \text{Ominaisvastus} * \frac{\text{Kaapelin pituus}}{\text{Tavoiteresistanssi}}$$

Kaava 5

$$\text{Jännitehäviö} = \text{Ominaisvastus} * \frac{\text{Kaapelin pituus}}{\text{Poikkipinta – ala}} * \text{Virta}$$

4.3 Työn toteutus

Asiakas oli toimittanut kaikki tilatut tarvikkeet kohteeseen hyvissä ajoin ennen asennuksen aloittamista. Aurinkopaneelikaapelia sekä maadoitusta varten asiakas oli tilannut maanrakennusurakoitsijan kaivureineen tontille. Kaivurilla kaivettiin noin metrin

syvä oja, johon MCMK ja kirkas kupariköysi upotettiin. Kaapelin päälle siroteltiin hienompaa maa-ainesta, ennen soran levitystä. Kohteeseen valittu laitekaappi näkyy kuvassa 11. Laitekaapissa on kummallakin puolella tuuletusaukot, jotta ilma pääsee vapaasti kiertämään kaapin sisällä pitäen laitteet sopivassa lämpötilassa. Toiselle puolelle on mahdollista lisätä tuuletin lisäämään ilman kiertämistä. Laitekaapille rakennettiin peti, jotta se saatiin muutaman sentin verran maasta irti, sillä läpiviennit sijaitsivat kaapin pohjassa. Näin pystyttiin varmistamaan, ettei kosteus pääse yläkautta kaapin sisälle. Läpivienneistä tuotiin kaappiin aurinkopaneelikaapeli, kupariköysi sekä kaksi mökin sisältä tullutta taipuisaa muoviputkea. Näitä muoviputkia pitkin vedettiin syötöt mökkiin sisälle.



Kuva 6 Laitekaappi (Juuso Rantaniitty)

Valmistajien tuoteluetteloista ei löytynyt valmista keskusta, joka olisi sopinut kohteeseen. Keskuksen tuli olla tarpeeksi kapea, jotta se mahtui laitekaapin seinälle. Lisäksi keskuksessa tuli olla muutama johdonsuoja-automaatti sekä vikavirtasuojakytkin.

Kohteeseen tilattiin HAGER:in keskusrunko sekä saman valmistajan keskuskomponentit. Valmis keskus näkyy kuvassa 12. Vaikka laitekaappi onkin suljettu kosteudelta ja pölyltä, keskus on silti IP44 suojattu. Keskuskaavio löytyy Liitteestä 2.



Kuva 7 Käyttösähkökeskus (Juuso Rantaniitty)

Koska kyseessä oli tavallinen kesämökki, ei kohteessa ollut sähkömoottoreita tai muita laitteita, jotka lisääisivät kuormitusta merkittävästi. Keittiöön tuli keittiökaapin alapuolelle työvalo, joka helpottaa ruoanlaittoa. Lisäksi keittiöön tuli pistorasiat mikroaaltouunia sekä jääkaappia varten. Muut pistorasiat ovat lähinnä kännyköiden ja muiden laitteiden latausta varten. Näillä tiedoilla kulutus olisi vuositason laskurilla laskettuna noin 200 kWh, kun oletetaan asiakkaan viettävän aikaa mökillä kesäkuukausina (Käpylehto, Mökkilaskuri). Pistorasioissa ja kytkimissä suositettiin Schneider Electricin Exxact -kalusteita, kuten kuvasta 13 huomaa. Valaistus toteutettiin plafondi valaisimilla, joissa on kiinteät LED:it sisällä. LED:ien käyttötuntien tullessa täyteen, koko valaisin pitää vaihtaa uuteen. Siitä on tosin turha huolehtia, sillä LED:ien eliniän uskotaan olevan noin 50 000 tuntia (Glamox www-sivut 2017).



Kuva 8 Schneider Electric Exxact -kalusteet (Juuso Rantaniitty)

Kun mökin sisällä tehtävät asennukset oli saatu valmiiksi, seuraavana vuorossa oli laitekaapissa tehtävät kytkennät. Laitekaapin kytkentöihin kuului akkujen, keskuksen, invertterin, lataussäätimen ja kytkentäkotelon kytkeminen. Jokainen kaapeli kiinnitettiin laitekaapin seinämiin ja jokaiseen tehtiin asianmukainen vedonpoisto. Akkuja varten laitekaapin pohjaa korotettiin edestä ja takaa, jotta saatiin ilma kiertämään myös akkujen alapuolelta.

5 KOHTEEN LUOVUTUS

Lopuksi kohteen jokaiseen kytkentään suoritettiin tavalliset SFS 6000 -standardin mukaiset käyttöönottotarkastusmittaukset. Mittaukset on esitetty liitteessä 4. Lisäksi tasasähköjärjestelmään sovellettiin standardin SFS-EN 62446-1:2016 mukaisia tarkastuksia. Tasasähköjärjestelmän tarkastuksiin kuului mm. napaisuuden tarkistus, kummankin johtimen eristysvastus sekä auringon säteilyvoimakkuuden mittaaminen. Hyväksytyjen mittaustulosten jälkeen järjestelmää koekäytettiin. Kohteen luovutuksessa asiakasta opastettiin käyttämään järjestelmää oikeaoppisesti. Luovutuksessa opastet-

tiin sulakkeiden sijainnit sekä mihin jokainen komponentti vaikuttaa. Asiakasta neuvottiin myös pitämään paneelien edusta tyhjänä, jotta paneelit eivät jää varjoon. Asiakkaalle luovutettiin dokumentit, jotka ovat liitteissä 1-4. Kuvassa 14 näkyy valmis laitekaappi luovutuksen yhteydessä ja taulukossa 2 sen sisältämät laitteet.



Kuva 9 Valmis laitekaappi (Juuso Rantaniitty)

Taulukko 2 Laitekaapin laitteisto

Numero	Laite
1	Akusto
2	AC-keskus
3	Lataussäädin
4	DC-keskus
5	Invertteri
6	Potentiaalintasauskisko

6 LOPPUTULEMA

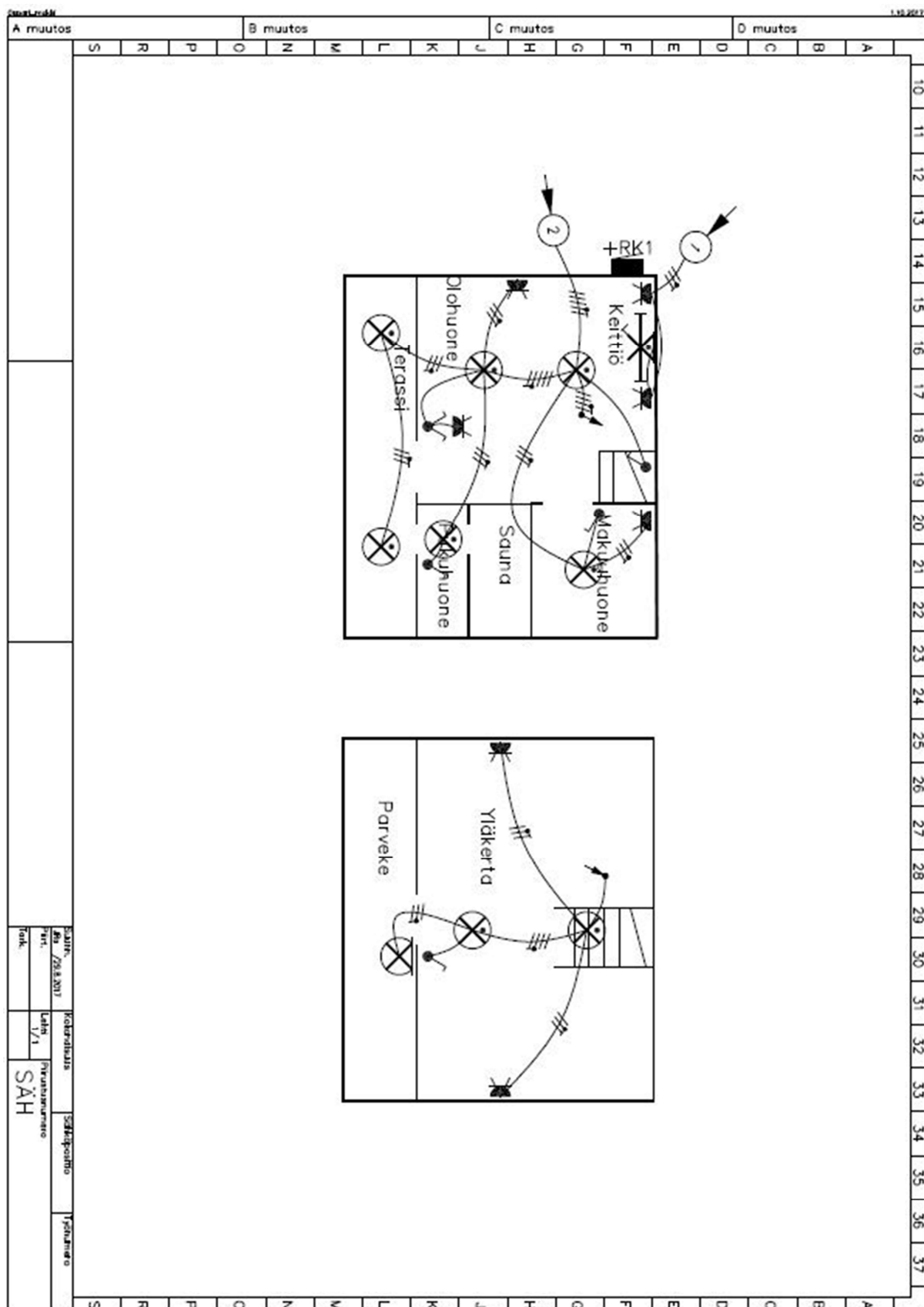
Projekti oli kokonaisuudessaan varsin mielenkiintoinen ja opettavainen kokemus. Aurinkosähkö oli minulle melko tuntematon aihe. Tämän työn avulla sain hyvän käsityksen aurinkosähköjärjestelmään tarvittavista komponenteista sekä siihen liittyvistä hankintakustannuksista. Työ oli mielenkiintoinen myös siksi, että sain toimia asiakasrajapinnassa, joka tulevaisuudessa tulee olemaan iso osa työtäni. Opin mitä kaikkea tulee ottaa huomioon, kun suunnittelee tämänlaisen kohteeseen sähköistystä. Projektissa haastavinta oli tasasähköpuolen suunnittelu ja mitoittaminen, sillä jännitteenalenemat tuli huomioida erittäin tarkasti. Projektin päätteeksi sekä asiakas että tilaaja olivat tyytyväisiä.

LÄHTEET

- Ahjoenergia www-sivut. Viitattu 23.09.2017. <http://www.ahjoenergia.fi/>
- Aurinkokennot www-sivut. Viitattu 09.09.2017. <http://www.aurinkokennot.fi>
- Aurinkosähkö www-sivut. Viitattu 14.10.2017. <http://www.aurinkosahko.net/>
- Aurinkovirta www-sivut. Viitattu 22.10.2017. <http://aurinkovirta.fi>
- Euroglobe www-sivut. Viitattu 14.10.2017. <http://www.euroglobe.fi>
- Finnwind www-sivut. Viitattu 30.09.2017. <http://www.finnwind.fi/>
- Glamox www-sivut. Viitattu 22.10.2017. <http://glamox.com/fi/>
- Huoltodata www-sivut. Viitattu 23.09.2017. <http://www.huoltodata.com/>
- Ilmastoinfo www-sivut. Viitattu 30.09.2017. <http://ilmastoinfo.fi/>
- Joint Research Centre www-sivut. Viitattu 09.09.2017. <http://re.jrc.ec.europa.eu/>
- Käpylehto, J. 2014. Mökille sähköt auringosta & tuulesta. Helsinki: Into Kustannus
- Käpylehto, J. 2014. Mökkilaskuri.xls. Viitattu 28.10.2017. <http://www.pinenergia.files.wordpress.com/2014/05/mokkilaskuri.xls>
- Motiva www-sivut. Viitattu 09.09.2017. <https://www.motiva.fi/aurinkosahko>
- Raunio, H. 2008. Suomi on ihanteellinen aurinkosähkölle. Tekniikka&Talous 19.05.2008. Viitattu 10.09.2017. <http://www.tekniikkatalous.fi>
- SFS-EN 60529/A2. Sähkölaitteiden koteloituuskat. 2015. Suomen Standardoimisliitto SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 08.11.2017. <http://www.sfs.fi>
- SFS-EN 62446-1:2016. Aurinkosähköjärjestelmät. Vaatimukset dokumentaatiolle, kunnossapidolle ja testaamiselle. 2016. Suomen Standardoimisliitto SFS. Helsinki: SFS. Viitattu 28.10.2017. <http://www.sfs.fi>
- Suntekno www-sivut. Viitattu 23.09.2017. <http://suntekno.bonsait.fi>
- Sähköinfo. 2012. D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähköinfo
- Taulukot www-sivut. Viitattu 22.10.2017. <http://www.taulukot.com/>

LIITE 1

Kesämökkin tasopiirustus



LIITE 2

Keskuskaavio

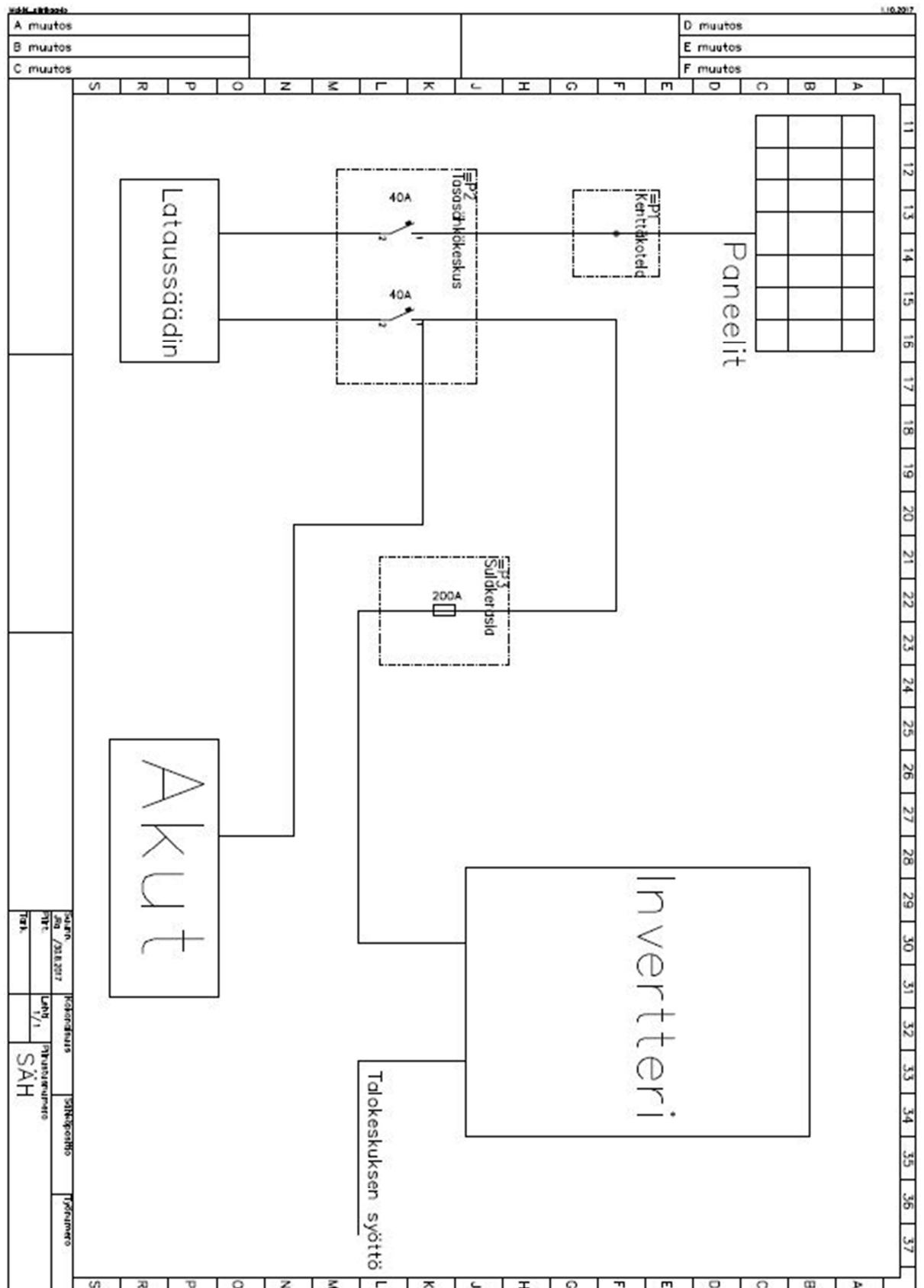
13.10.2017

A muutos			D muutos																																		
B muutos			E muutos																																		
C muutos			F muutos																																		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S																			
											11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
KESKUS		RHYHMÄ	OSOITE	TUJUNUS	JÄHDÖTYS	kVA/kW	A / A	HUOM.																													
									1	Vikavirtasuojia	30mA									5x2,5S	0,46		C2														
									2	Olaahuone / Makuuhuone										5x2,5S	0,46		C2														
									2	Yläkerta / Pesutilaupa / Ulkoviilat												C2															

SAH
SÄH

09 / 20.8.2017
Läsn
1/1
toik.

Yksinkertaistettu piirikaavio



Käyttöönottotarkastuspöytäkirja

Kohde	Kesämökki
Tilaaja	Vatajankosken Sähkö Oy
Tekijä	Rantaniitty Juuso

Paneelien tiedot/Tasasähkö		
Paneelien ominaisuudet	Valmistaja	NAPS
	Tyyppi	Saana
	Määrä	2
	Uoc/Paneeli	38,5
	Isc/Paneeli	9,06
Ylivirtasuojaus	Suojan tyyppi	B
	Nimellisvirta (A)	40
Kaapelointi	Kaapelityyppi	MCMK
	Johtimien poikkipinta	16
Testaukset ja mittaukset	Napaisuuden tarkistus	OK
	Uoc (V)	70,5
	Isc (A)	10,35
	Auringon säteilyvoimakkuus	1186 W/m ²
Eristysresistanssi	Testijännite (V)	200
	Pos-Maa (M Ω)	>199
	Neg-Maa (M Ω)	>199
Invertteri	Valmistaja	Victron
	Malli	12/2000
	Teho	2000

Suojajohtimen jatkuvuus	Suurin resistanssi	0,9 Ω
	Ryhmä	Yläkerta
Eristysresistanssi	Kohde	Koko keskus
	R _e /M Ω	>500
Syötön automaattinen poiskytkentä	I _k /A	20
	Z _k / Ω	11,8
	Suojalaite	Johdonsuojakatkaisija
	I _n /A	2
Vikavirtasuojat	Käyttötarkoitus	Perussuojaus
	t/ms	15,5
	Painiketestausta	OK

Allekirjoitus

Tekijä